

TEMPO DE RETORNO DE COTAS DE GRANDES CHEIAS E DO SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO EM SÃO SEBASTIÃO DO CAÍ / RS

Francisco F. N. Marcuzzo¹; Eber J. de Andrade Pinto²

RESUMO – É importante que cotas altas de interesse, principalmente em rios com Sistemas de Alerta Hidrológicos (SAH), estejam associados a períodos de recorrência do evento estudado, visando análise dos dados passados e a previsibilidade de acontecimentos de eventos futuros. O objetivo deste trabalho foi calcular e apresentar os períodos de retorno estimados para as cotas das maiores cheias registradas, e para as cotas de atenção, alerta, inundação e de inundação severa do rio Caí para o município de São Sebastião do Caí / RS. Estudou-se o ajuste das distribuições teóricas de probabilidade Log-Normal e Gumbel à série histórica das cotas máximas dupla leitura (7h00 e 17h00) de cada ano hidrológico, empregando o teste de aderência não paramétrico Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5 % de significância. A distribuição Log-Normal com momentos L foi a escolhida. Os tempos de retorno encontrados para as cotas de atenção (500 cm), alerta (700 cm) e de inundação (1.050 cm) do rio Caí, nas réguas do posto fluviométrico de Barca do Caí (87170000), ficaram no intervalo de 1 a 1,14 anos, e a de inundação severa (1.250 cm) foi de 2,2 anos. Para a maior cheia registrada em São Sebastião do Caí / RS, que foi de 1.470 cm em 24/09/2007, o tempo de retorno foi de 9,89 anos, com uma probabilidade desta cota ser igualada ou superada, em um ano qualquer, de 10,11 %.

Palavras-Chave – Sistema de Alerta de Eventos Críticos, SACE, Análise de Frequência.

1. INTRODUÇÃO

Para um bom entendimento da operação e monitoramento de um Sistema de Alerta Hidrológico (SAH), e na tentativa de previsibilidade futura de inundação, é fundamental que cotas de importância em rios estejam associados a Tempos de Retorno (TR), seja da própria cota ou de vazões associadas a essas cotas. O Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE, <https://www.sgb.gov.br/sace/>) da bacia do rio Caí, considerando as informações disponíveis até 04/2023, há previsão de níveis para dois municípios: São Sebastião do Caí/RS (que é foco deste estudo) e Montenegro/RS.

Segundo o relatório anual de 2020 (SILVA, 2020) e de 2022 (SILVA; MATOS, 2022) do Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE) da bacia do rio Caí, o mesmo entrou em operação em no dia 17/09/2012, quando o SAH-Caí emitiu o seu primeiro boletim de alerta hidrológico, mantendo a sua operação ininterrupta até o presente momento da elaboração deste texto. Os autores também relatam que o Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM deu início em 2009 aos estudos de concepção do Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Caí (SAH-Caí). Entre os anos de 2010 e 2011 foram realizadas as instalações dos primeiros equipamentos automáticos de medição de cotas, dotados de transmissão via GPRS (telefonia móvel), posteriormente, em 2018, os equipamentos de medição passam por modernização adotando a tecnologia de transmissão via satélite (GOES).

Com isso, este estudo de análise de frequência local tem por objetivo apresentar e discutir os períodos de retorno estimados para as cotas das maiores inundações registradas, e, também, as cotas de atenção, alerta, inundação e de inundação severa do SAH do rio Caí, na localidade da estação fluviométrica Barca do Caí (87170000), no município de São Sebastião do Caí / RS, com as informações disponíveis até 2022.

¹) SGB - Serviço Geológico do Brasil - Rua Banco da Província, 105 - Santa Teresa - Porto Alegre/RS - CEP 90.840-030. Tel.: (51) 3406-7300. francisco.marcuzzo@sgb.gov.br.

²) SGB - Serviço Geológico do Brasil - Avenida Brasil, 1731. Funcionários Belo Horizonte/MG - Brasil CEP 30140-002. Tel.: (31) 3878-0307. eber.andrade@sgb.gov.br.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização geral da região de estudo

Na Figura 1, além da divisão territorial dos municípios, altimetria, classificação climática de Köppen-Geiger e distribuição espacial da precipitação média anual da bacia do rio Caí, que é parte integrante da sub-bacia 87 (MARCUIZZO, 2017a,b), observa-se a localização das estações do Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE) do Serviço Geológico do Brasil (SGB), sendo que as estações Barca do Caí (87170000) e Passo Montenegro (87270000), possuem previsão de cota (Quadro 1). As Figuras/Mapas deste trabalho em PDF, em alta resolução, além do material produzido e apresentado, e/ou utilizado em sua execução, pode ser baixado pelos *links* do Quadro 2.

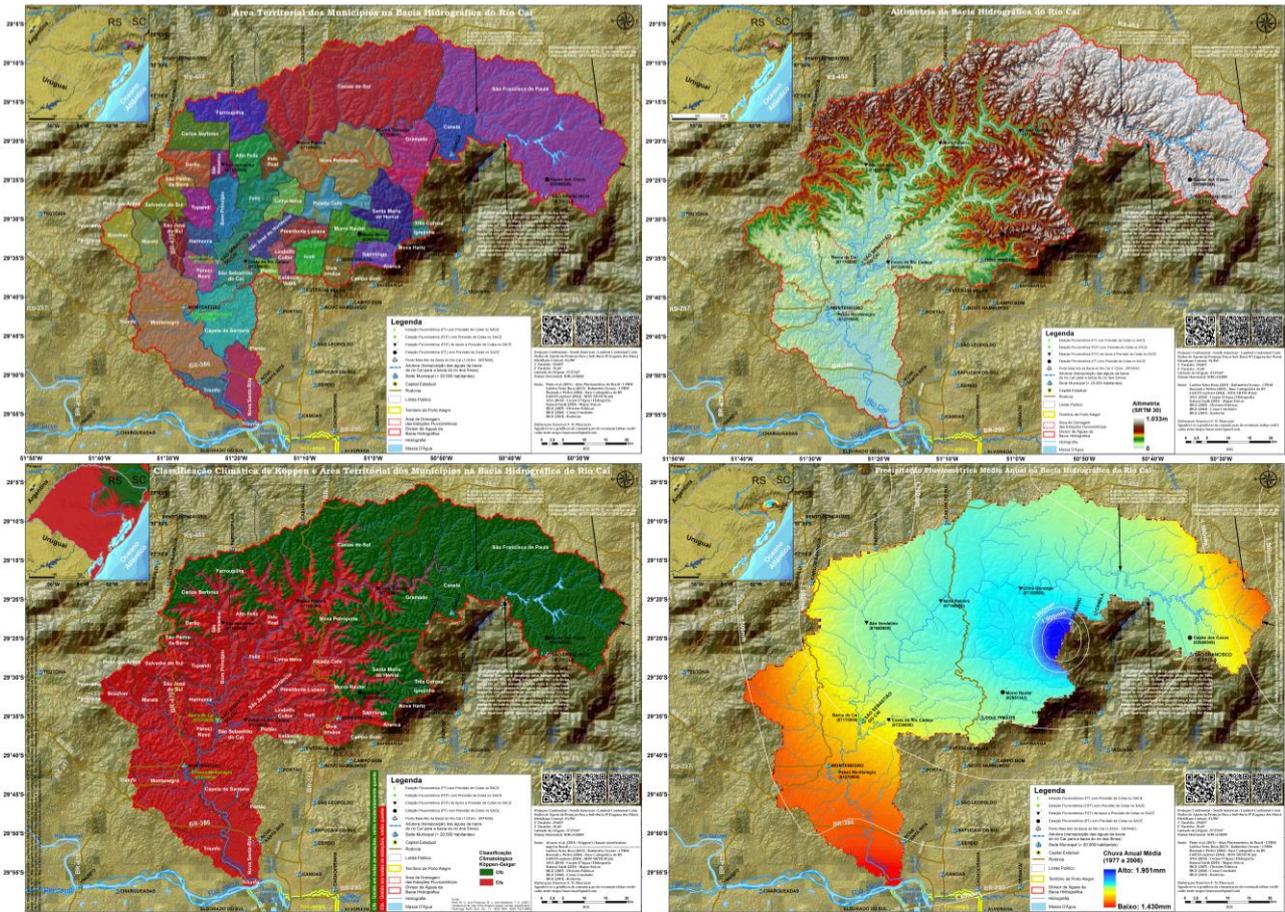


Figura 1 – Área territorial dos municípios, altimetria, classificação climática de Köppen-Geiger e distribuição espacial da precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Caí, além da localização das estações do SACE Caí.

Quadro 1 – Cotas de atenção, alerta e inundação no SACE Caí, além da área de drenagem e altitude da estação.

Código da Estação	Nome da Estação	Nome do Rio	Atenção ¹	Alerta ¹	Inundação ¹	Inundação Severa ²	Área de Drenagem ³	Altitude ³
			Cota (cm) em 03/2023				km ²	m
87170000	Barca do Caí	Caí	500	700	1.050	1.250	3.030	0,76

¹Cotas utilizadas, no SACE do SGB, em março de 2023; ²Estudo publicado por Silva (2021); ³Inventário da Agência Nacional de Águas de 11/03/2023.

Quadro 2 – Material produzido ou utilizado direta e/ou indiretamente como apoio, neste estudo, para baixar da internet.

Material	Endereços (“links”) para Baixar Utilizando o Navegador de Internet
Figuras – Mapas da bacia do rio Caí e das áreas de drenagem das estações do SACE	PNG: https://drive.google.com/drive/folders/IOKrOhLusIKCnpSMgJbLpU-hk_plo39ec?usp=share_link PDF: https://drive.google.com/drive/folders/ladOoHefYfz-jc_JyPWCZVsGmDtfBm?usp=share_link
Planilha de aplicação do Tempo de Retorno de cotas em Barca do Caí e Passo Montenegro	https://drive.google.com/drive/folders/1YARbBZiyAX-NEz5CzPqoPK5JDF08_Uj2?usp=share_link
Apresentação deste trabalho em PDF	https://drive.google.com/drive/folders/1OdIpdzNp56A1hsptRJKserAC2B1vnZr?usp=share_link
Localização das estações KMZ Google Earth	https://drive.google.com/drive/folders/13q9ykt-T-sNqWfhhJ8zRm-LfkxIOXivmM?usp=share_link
Diagramas unifilares da bacia do rio Caí (SB 87)	https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18953 e https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15128
Dados deste estudo, delimitação, altimetria e demais informações da bacia do rio Caí	https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22930 e https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22931

A transposição das águas do rio Santa Cruz, na bacia do rio Caí, para o rio Paranhana, na bacia do rio dos Sinos, pode ser visto em detalhe nas três últimas imagens do Anexo III de Marcuzzo e Pinto (2022a,b), e na parte 12 de 16 do diagrama unifilar da sub-bacia 87 publicado por Guimarães, Finck e Marcuzzo (2017). Nos dados de distribuição espacial de precipitação média mensal da sub-bacia 87, estudados por Marcuzzo e Melati (2015a,b, 2017a, 2017b), onde se insere a bacia do rio Caí, utilizando os dados de Pinto *et al.* (2011), é possível visualizar que a sub-bacia 87, possui uma precipitação média anual de 1.530 mm, sendo o mês menos úmido março, com média de 111 mm e o mês mais úmido julho, com 149 mm.

A estação Barca do Caí, código 87170000 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2022), está localizada na Latitude 29°35'24"S e Longitude 51°23'00"O, na altitude de -0,76 m no rio Caí e possui uma área de drenagem de 3.030 km², segundo o inventário da ANA de maio de 2022, resultando em 60,9% da área total da bacia do rio Caí, que segundo a publicação de Tschiedel, Pickbrenner e Marcuzzo (2012), é de 4.976 km². A altimetria e distribuição espacial da precipitação pluviométrica, a montante da estação Barca do Caí, em sua área de drenagem, pode ser visualizada na Figura 2.

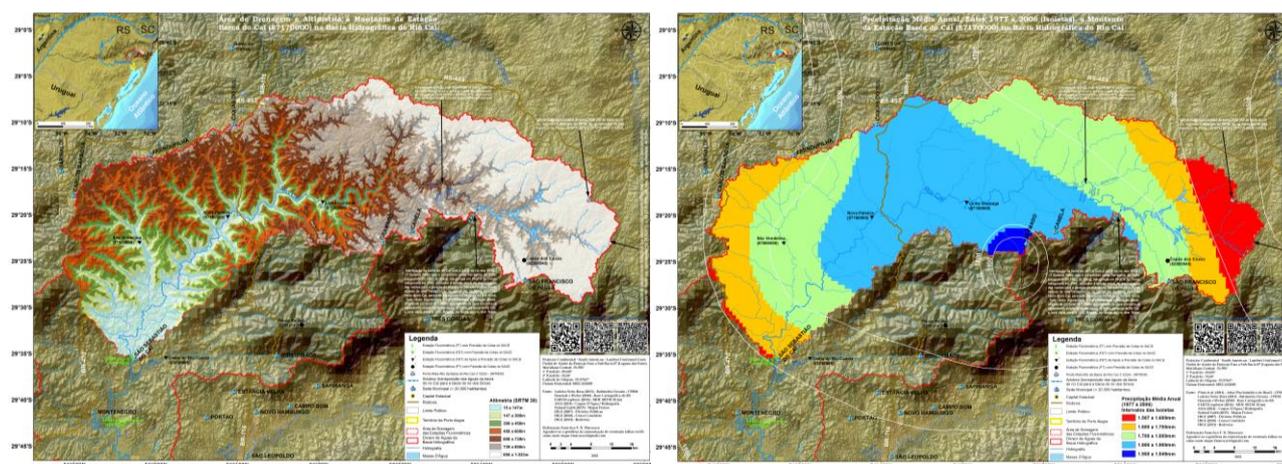


Figura 2 – Altimetria e distribuição espacial da precipitação média anual a montante da estação Barca do Caí (87170000), na bacia hidrográfica do rio Caí, além da localização das estações do SACE Caí.

Nas Figuras 4 e 5, na Tabela 1 e no Anexo IV de Marcuzzo e Pinto (2022a), observa-se que a série de cotas máximas Dupla Leitura (DL) por ano hidrológico, que no caso desta estação fluviométrica foi considerado o mesmo período que o ano civil, devido à não ser possível estabelecer um início e fim do ano hidrológico, conforme publicações de Simon, Pickbrenner, Marcuzzo (2013) e Marcuzzo e Melati (2015, 2017), apresenta 25 valores registrados, sendo 24 válidos dentro dos limites estatísticos de Grubbs e Beck (NAGHETTINI; PINTO, 2007). O limite inferior foi rejeitado pelo teste de Grubbs e Beck, tendo o valor de 814 cm de 16/04/2004, não considerado neste estudo.

Conforme se observa na Tabela 1 e nas Figuras 3 e 4, dos 25 valores registrados de cotas máximas Dupla Leitura (DL), que puderam ser utilizados após consistência, em nenhum ano, ou seja, zero por cento em relação ao total de observações, possuem cotas máximas anuais menores que a cota de atenção (500 cm) e alerta (700 cm), e, 25 registros, ou seja, 100 %, são superiores a cota de alerta.

Tabela 1 – Número e percentual de anos com cotas menores e maiores que a cota de atenção, e maiores que as cotas de alerta, inundação e inundação severa.

Número Total de Anos com Dados Dupla Leitura	25	% em Relação ao Total
Nº de Anos com Cotas Maiores que Inundação Severa ¹ (1.250 cm)	14	56%
Nº de Anos com Cotas Maiores que Inundação (1.050 cm)	19	76%
Nº de Anos com Cotas Maiores que Alerta (700 cm)	25	100%
Nº de Anos com Cotas Maiores que Atenção (500 cm)	25	100%
Nº de Anos com Cotas Menores que Atenção (500 cm)	0	0%

¹ Segundo o nível de cota de inundação severa (1.250 cm) estabelecido por Silva (2021) para a estação Barca do Caí (87170000).

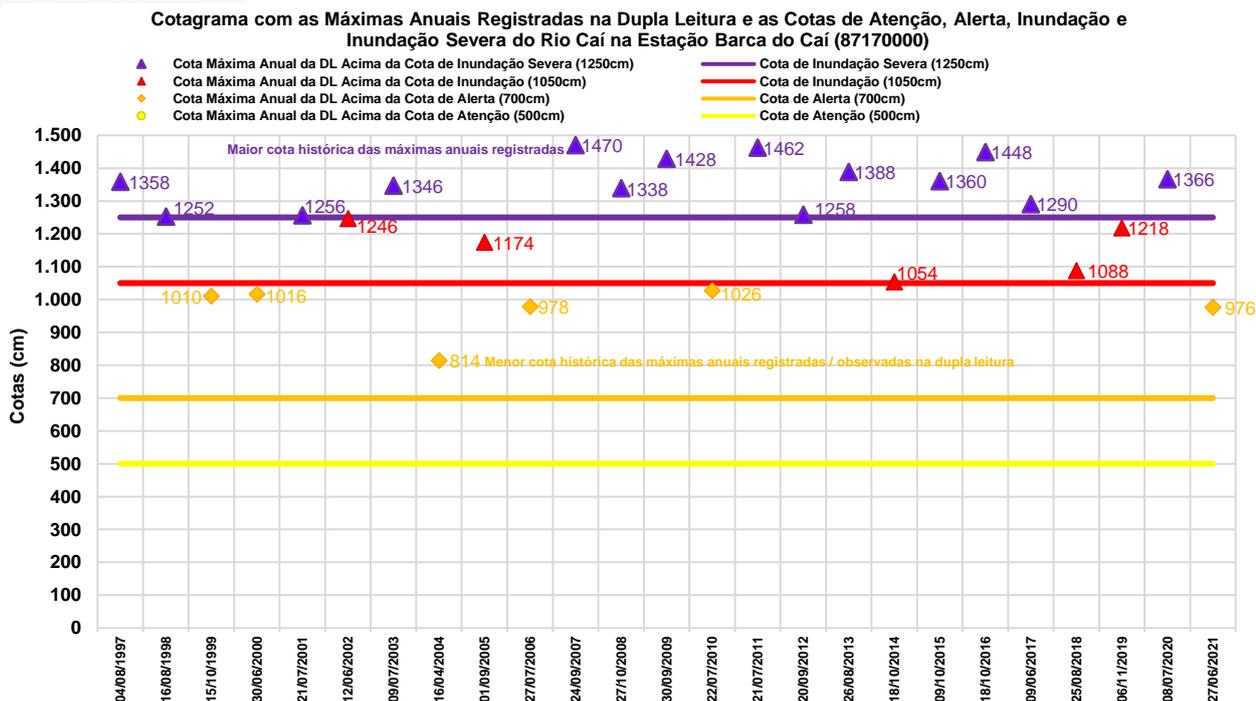


Figura 3 – Cotas máximas anuais registradas nos boletins dupla leitura, e as linhas representando as cotas de interesse.

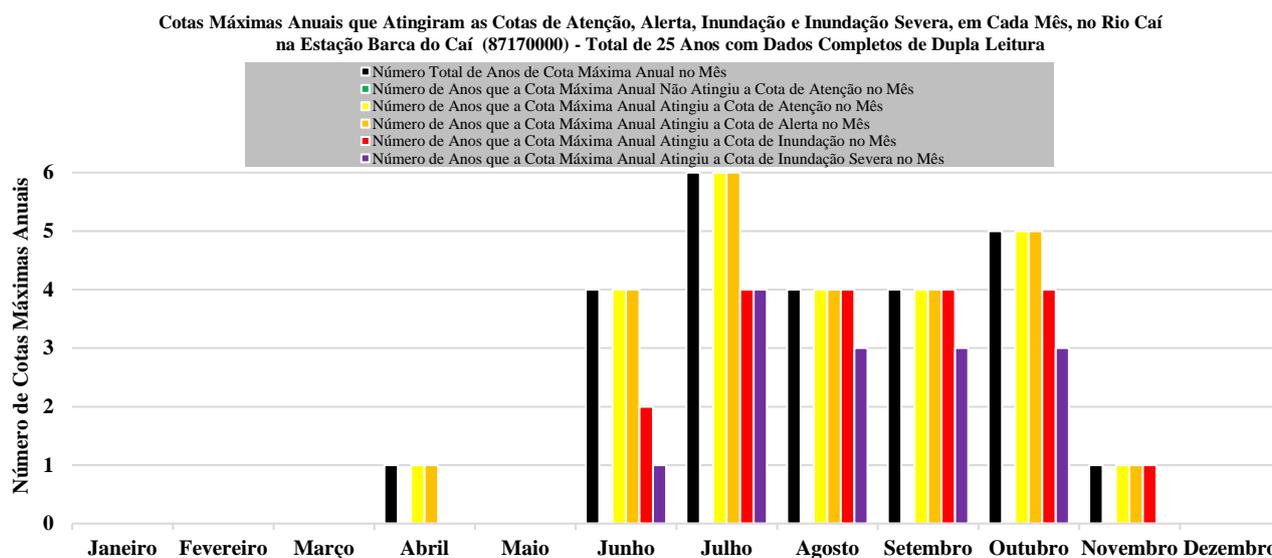


Figura 4 – Cotas máximas anuais que atingiram as cotas de atenção, alerta, inundação e inundação severa, em cada mês.

A Figura 5 apresenta a seção transversal na seção de réguas da estação e, também, as cotas de atenção (500 cm), alerta (700 cm), inundação (1.050 cm) e inundação severa (1.250 cm, conforme SILVA, 2021) para a cidade de São Sebastião do Caí/RS, bem como, a maior cota observada e a maior cota com Medição de Descarga Líquida (MDL). Em um estudo do Serviço Geológico do Brasil (SGB), que utilizou os Levantamentos de Seção Transversal (LST) das estações do SACE Caí, Buffon, Rolim e Marcuzzo (2019) concluíram que o uso de dados observados em estações fluviométricas, especificamente referente aos parâmetros hidráulicos da largura do rio e sua profundidade média, podem afetar significativamente os resultados da modelagem de previsão de vazão na bacia, apresentando efeitos maiores em seus rios de baixa declividade em regiões com grandes planícies de inundação, e efeitos menores em rios de maior declividade em regiões montanhosas. Estudo semelhante foi desenvolvido por Melati e Marcuzzo (2014), mostrando a importância da consistência dos LSTs das estações na geração de vazão.

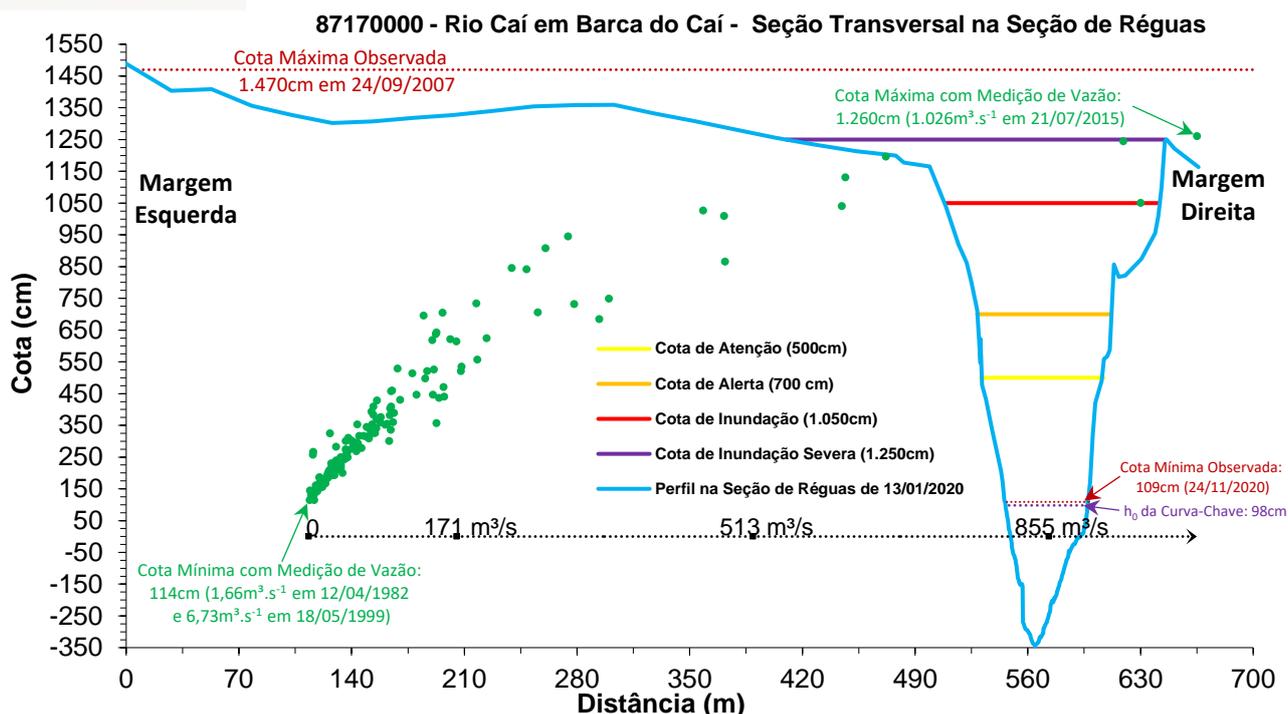


Figura 5 – Levantamento da Seção Transversal da seção de régua de Barca do Cai (87170000) e demais informações.

2.2. Análise de Frequência

Considerando Pinto (2013) e Naghettini e Pinto (2007), foram definidas as seguintes etapas para análise de frequência local de máximos por ano hidrológico:

- I. Avaliar a consistência dos dados e organizar a série de cotas máximas por ano hidrológico.
- II. Verificar a presença de valores atípicos (*outliers*) com o critério baseado na amplitude interquartil, AIQ (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 39), e com o teste de Grubbs e Beck (NAGHETTINI; PINTO, 2007, p. 287).
- III. Avaliar a independência dos eventos da séries com o teste não paramétrico proposto por Wald e Wolfowitz (1943), a homogeneidade por meio do teste não-paramétrico proposto por Mann e Whitney (1947) e a estacionariedade das séries pelo teste não-paramétrico de Spearman, o qual encontra-se descrito em Naghettini e Pinto (2007, p. 267).
- IV. Estimar a distribuição empírica calculando a posição de plotagem pela fórmula de Weibull, ou seja, no caso de séries de máximos por ano hidrológico temos $P(P>p)=m/(N+1)$, onde m é número de ordem e N o tamanho de amostra.
- V. Definir as distribuições teóricas de probabilidades candidatas a modelagem das cotas máximas por ano hidrológico. As distribuições candidatas são a distribuições de Gumbel e Log-Normal.
- VI. Calcular os parâmetros das distribuições teóricas de probabilidades candidatas pelo método dos momentos-L (HOSKING; WALLIS, 1997).
- VII. Definir a distribuição teórica que será adotada na modelagem das séries a partir da verificação da aderência à distribuição empírica. A aderência da distribuição teórica candidata à curva da distribuição empírica é verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância.
- VIII. Estimar os quantis associados a diferentes tempos de retorno.

A inversa da distribuição Log-Normal é calculada da seguinte forma:

$$x_T = \text{EXP}(\mu + \sigma \cdot Z_{(1-1/T)}) \quad (1)$$

Em que: T é o tempo de retorno (anos); x_T é o quantil associado a tempo de retorno, T ; $Z_{(1-1/T)}$ é o valor da variável normal padrão associada a probabilidade $(1 - 1/T)$. Pode ser obtida em tabelas ou empregando métodos numéricos para inverter $\Phi(x)$ apresentada no Anexo II de Marcuzzo e Pinto (2022a,b,c); μ é o parâmetro de posição; σ é o parâmetro de escala.

A inversa da distribuição de Gumbel é calculada por:

$$x_T = \beta - \alpha \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (2)$$

Em que: T é o tempo de retorno (anos); x_T é o quantil associado a tempo de retorno, T ; β é o parâmetro de posição; α é o parâmetro de escala.

Os critérios, além de um melhor detalhamento dos modelos Log-Normal e Gumbel, e da metodologia de cálculo adotada na análise de frequência de máximas utilizada neste estudo, podem ser analisados em Naghettini e Pinto (2007), Pinto (2013) e Marcuzzo e Pinto (2022a,b,c; 2023).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de frequência local das vazões máximas do rio Caí, em Barca do Caí (87170000), que são expostas com maior detalhamento no trabalho publicado por Marcuzzo e Pinto (2022a), foi efetuada utilizando as vazões estimadas por curva-chave e a série de cotas máximas dupla leitura por ano civil (01/Jan a 31/Dez), aceito que não há definição de início e fim do ano hidrológico na região, conforme os estudos publicados por Marcuzzo e Melati (2015; 2017).

As duas distribuições candidatas, Gumbel e Log-Normal, não foram rejeitadas pelo teste de aderência. A distribuição Log-Normal foi selecionada por apresentar menor desvio padrão dos resíduos entre a distribuição empírica e a teórica. O parâmetro de posição da equação 1 ficou 7,11565 e o parâmetro de escala ficou 0,13907 para Barca do Caí (87170000). A Figura 6 apresenta o gráfico com as distribuições empírica e teórica ajustadas para a estação e a Tabela 2 e 3 apresentam as cotas, para diferentes tempos de retorno, e a probabilidade das mesmas serem igualadas ou superadas. A equação 1 é válida para tempos de retorno de 1,01 até 100 anos da Tabela 1. Mosini (2018), em um estudo de cotas máximas do rio Uruguai, associadas a diferentes períodos de retorno para Itaqui/RS, relataram que a 5 % de significância, ambas as distribuições de probabilidade testadas, Log Normal e Gumbel, se ajustaram aos dados observados, pois as diferenças absolutas máximas entre os valores estimados e observados foram menores que o valor crítico do teste Kolmogorov-Smirnov.

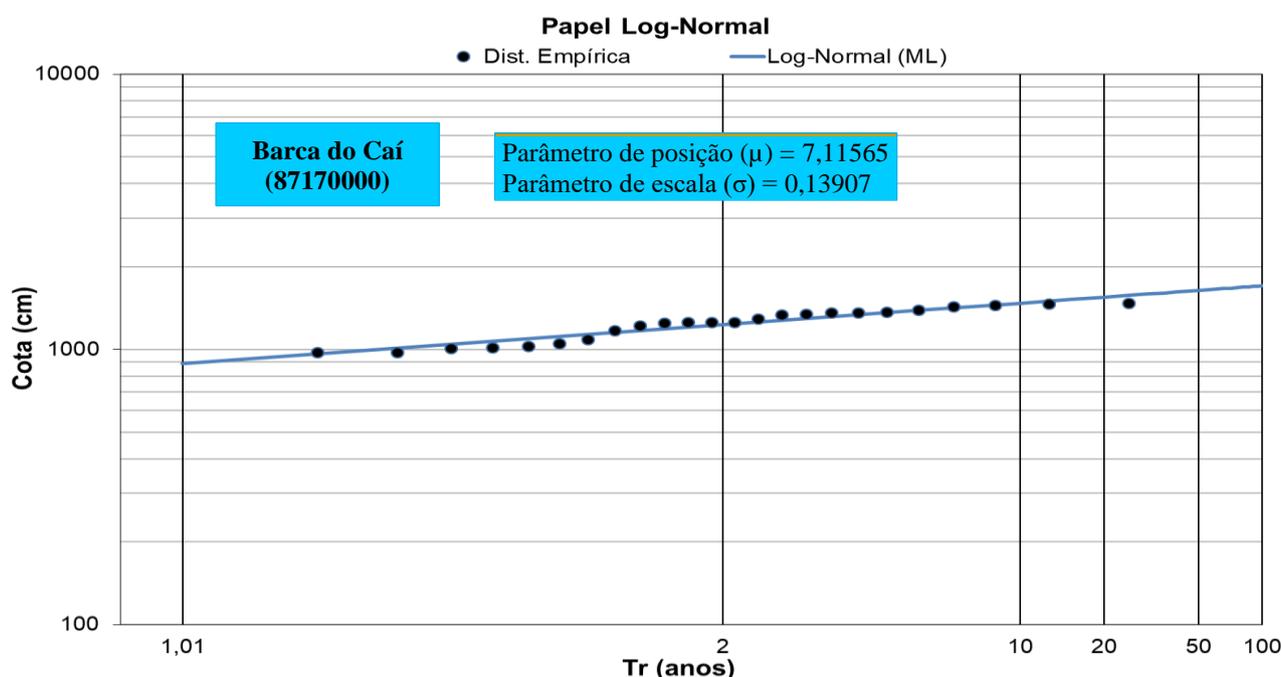


Figura 6 – Ajuste das distribuições empírica e teórica Log-Normal da estação fluviométrica Barca do Caí (87170000).

Nota-se, nas Tabelas 1 e 3, que os tempos de retornos para as vazões calculadas para as cotas de atenção e alerta, são curtos, ou seja, há uma grande frequência de emissão de boletins pelo SACE Caí para a localidade. Na Tabela 3 verifica-se que as diferenças de tempo de retorno para as vazões

associadas as cotas de atenção, alerta, inundação variam de 1 a 1,14 anos, e a de inundação severa é de 2,2 anos. Castilho, Silva e Rodrigues (1999), em um estudo sobre a estimativa do período de retorno associado às cotas de alerta, de inundação e de grandes cheias na bacia do rio Doce, concluíram que os tempos de retorno associados às cotas de alerta e de inundação foram da ordem de um e dois anos para quatro estações mais a montante e de dois e quatro anos para estações a jusante.

Tabela 2 – Vazões, em metros cúbicos por segundo, para diferentes tempos de retorno, em anos (de 2 a 100 anos).

Estação	Tempo de Retorno, T (anos)												
	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
	Cotas (cm)												
Barca do Caí	1.231	1.384	1.471	1.517	1.547	1.570	1.589	1.617	1.638	1.655	1.676	1.692	1.701

Tabela 3 – Cotas de atenção, alerta e inundação no SACE Caí, além das respectivas maiores cheias registradas, tempos de retorno e as probabilidades destas cotas serem igualadas ou superadas.

Nome e Código da Estação	Número de Anos de Dados de Cota Dupla Leitura Disponíveis ¹	Denominação da Cota de Interesse	Cota Disponível em 03/2023 (cm)	Tempo de Retorno da Cota (anos)	Probabilidade da Cota Ser Igualada ou Superada em um Ano Qualquer
Barca do Caí (87170000)	25	Atenção	500	1,0	100,0 %
		Alerta	700	1,0	100,0 %
		Inundação	1.050	1,14	87,72 %
		Inundação Severa	1.250	2,2	45,70 %
		Maior Cheia Histórica Registrada em 24/09/2007	1.470	9,89	10,11 %
		2ª Maior Cheia Histórica Registrada em 21/07/2011	1.462	9,24	10,82 %
		Maior Cota com Medição de Descarga Líquida (1.026 m³.s⁻¹), Executada em 21/07/2015	1.260	2,31	43,29 %

No trabalho de Silva (2021), o autor também executou uma análise de frequência de cotas da estação Barca do Caí (87170000), utilizando uma série com 74 anos de dados de cotas máximas anuais oriundos das médias diárias. O autor adotou os valores obtidos pela distribuição Log-Normal, uma vez que apresentou valores intermediários entre as demais distribuições experimentadas (Gumbel e Normal), sendo este o critério utilizado na escolha do modelo. O autor, utilizando o modelo por ele desenvolvido no trabalho, considerou que a cota de inundação severa, de 1.250 cm, está associada a um tempo de retorno de 3,5 anos aproximadamente, ou seja, 1,3 anos a mais que a de 2,2 anos determinada neste estudo. Já na dissertação desenvolvida pelo mesmo autor (SILVA, 2019), publicou-se um tempo de retorno de 15 anos para a cota de 1.478 cm, próxima a maior cota dupla leitura registrada até o momento que foi de 1.470 cm. Considerando os valores de posição e escala aqui publicados, para este modelo de análise de frequência de cotas, e considerando a cota de 1.478 cm, resulta-se em 10,6 anos de tempo de retorno, ou seja, 4,4 anos a menos que o tempo de retorno de Silva (2019) para a mesma cota. Já considerando 100 anos de tempo de retorno, Silva (2019), para o modelo de Log-Normal, chegou a uma cota de 1.708 cm, enquanto neste presente trabalho, conforme a Tabela 2, chegou-se a uma cota de 1.701 cm para o mesmo tempo de retorno. Recomenda-se na estação Barca do Caí, pelo fato de se verificar dispersão de vazão medida em cotas altas na série histórica, além da necessidade de medições em cotas mais altas, há também a necessidade de mais medições quando o rio Caí está em ascensão do seu nível, conforme relatado no trabalho de Marcuzzo, Maldonado e Souza (2019), de modo a se excluir ou confirmar o fenômeno físico da histerese. Adverte-se que, para uma mesma estação fluviométrica, os tempos de retorno são diferentes quando calculados utilizando-se de cotas máximas ou vazões máximas estimadas por curva-chave.

Exemplo de aplicação: Uma agroindústria será instalada no município de São Sebastião do Caí as margens do rio Caí. Considerando a transposição das cotas das réguas da estação Barca do Caí (código 87170000), até o local de sua instalação, verificou-se que a agroindústria terá sua base instalada na cota 1.617 cm (1.470 cm na estação Barca do Caí, em 24/09/2007, mais 10 %). Considerando a análise de frequência de cotas, aqui publicados e melhor detalhado em Marcuzzo e

Pinto (2022a), qual é o tempo de retorno da cota na base da agroindústria e a probabilidade desta cota ser igualada ou superada pelo rio Caí em um ano qualquer? Resposta: Substituindo a cota de 1.617 cm e os parâmetros da distribuição Log-Normal com Momentos-L nas equações 1 e 2, tem-se que o tempo de retorno é de 40,06 anos. A probabilidade da cota de 1.617 cm, na base da instalação da agroindústria, ser igualada ou superada pelo rio Caí, em um ano qualquer, é de 2,50 %.

4. CONCLUSÃO

Estudou-se e analisou-se o ajuste das distribuições teóricas de probabilidade Log-Normal e Gumbel à série histórica das cotas máximas, empregando o teste de aderência não paramétrico Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância. A distribuição Log-Normal com momentos L foi a escolhida por apresentar os menores resíduos entre a distribuição teoria e empírica no rio Caí na localidade da estação Barca do Caí (87170000). Os tempos de retorno, e as probabilidades destas vazões serem igualadas ou superadas, em um ano qualquer, encontrados para as cotas de atenção, alerta, inundação e de inundação severa em Barca do Caí, foram: 1,0 (100 %); 1,0 (100 %); 1,14 (87,72 %); 2,2 (45,70 %). Para a maior cheia registrada em Barca do Caí, o tempo de retorno para a cota máxima histórica registrada nos boletins DL (1.470 cm), foi de 9,9 anos, para uma série histórica de 25 anos, o que resultou numa probabilidade desta vazão ser alcançada ou superada, em um ano qualquer, de 10,1 %. Já para a maior cota com medição de descarga líquida medida no campo (1.260 cm, com $1.026 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, em 21/07/2015), em Barca do Caí, o tempo de retorno foi de 2,31 anos, o que resultou numa probabilidade desta vazão ser alcançada ou superada, em um ano qualquer, de 43,3 %.

REFERÊNCIAS

- BUFFON, F. T.; ROLIM, F. E.; MARCUZZO, F. F. N. Características das seções transversais na modelagem da propagação do escoamento na bacia do rio Uruguai. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 23., 2019, Foz do Iguaçu, PR. **Anais[...]** Foz do Iguaçu: ABRH, 2019. Disponível em: <http://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/21529>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- CASTILHO, A. S.; SILVA, E. A.; RODRIGUES, V. V. Estimativa do tempo de retorno associado às cotas de alerta, inundação e de grandes cheias na bacia do rio Doce. *In: XIII SBRH*, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** - Belo Horizonte - 1999 - ABRH, 1999.
- FINCK, J. S.; GUIMARÃES, G. M.; KOEFENDER, A.; SOUZA, C. J. R.; ALMEIDA, D. B.; MARCUZZO, F. F. N. Diagrama unifilar de dados hidrológicos em bacia hidrográfica: proposta de modelo e passo a passo de como fazer consistindo os dados. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18491>. Acesso em: 13 set. 2022.
- GUIMARÃES, G. M.; FINCK, J. S.; MARCUZZO, F. F. N. Construção de diagramas unificares da rede hidrometeorológica nacional e de aproveitamentos hidrelétricos das sub-bacias 85 a 88, na bacia hidrográfica do Atlântico – trecho sudeste. **Geographia Meridionalis** - Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, v. 3, n. 3. p. 276–300, jul-dez. 2017. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18953>. 22jun2022.
- HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional frequency analysis: an approach based on L - moments**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. Densidade de estações fluviométricas com descarga líquida na sub-bacia da lagoa dos patos segundo os critérios da Organização Mundial de Meteorologia. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 27., 2015, João Pessoa. **Anais[...]**. João Pessoa: INPE, 2015. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17438>. 21 jun. 2022.
- MARCUZZO, F. F. N. Curva-chave sob efeito de assoreamento e dragagem traçada e ajustada pelo SIADH. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 23., 2019, Foz do Iguaçu, PR. **Anais[...]** Foz do Iguaçu: ABRH, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21531>. Acesso em: 22 jun. 2022.

- MARCUZZO, F. F. N. Mapas e opções de divisão territorial do estado do Rio Grande do Sul por bacias hidrográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 49., 2018, Rio de Janeiro. *Anais*[...]. Rio de Janeiro: SBG, 2018. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/19906>. Acesso em: 08 ago. 2022.
- MARCUZZO, F. F. N.; MALDONADO, L. H.; SOUZA, S. A. de. Curva-chave sob efeito de histerese: traçado e ajuste de curva-chave média e em laço. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu, PR. *Anais*[...] Foz do Iguaçu: ABRH, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/21532>. Acesso em: 22 mar. 2023.
- MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. A concepção e mapeamento dos diagramas unifilares das estações fluviométricas nas sub-bacias pertencentes a Bacia Hidrográfica do Atlântico - trecho sudeste. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE; ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 26., 2015, São Paulo. *Anais...* São Paulo: AESABESP, 2015. v. 1. p. 1-20. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15128>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. Mapeamento fisiográfico básico das sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do Atlântico no Trecho Sudeste. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., Santos, SP, 2017. *Anais*[...]. Santos, SP: INPE, 2017a. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17849>. Acesso em: 29 mai. 2022.
- MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. Precipitação pluviométrica mensal nas sub-bacias que integram à Bacia do Atlântico - Trecho Sudeste. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 21., 2015, Brasília, DF. *Anais*[...]. Brasília, DF: ABRH, 2015. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15055>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. Tempo de retorno das cotas de grandes cheias e de atenção, alerta e inundação do SAH na Bacia do Ibicuí. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 16; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 15., 2022c, Caruaru, PE. *Anais* [...]. Caruaru: ABRHidro, 2022. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22947>. Acesso em: 22 mar. 2023.
- MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. Tempo de retorno das cotas de grandes cheias e de atenção, alerta e inundação no talvegue do rio Uruguai. In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, 3., Niterói, RJ, 2023. *Anais* [...] Niterói, RJ: ABRH, 2023. Tema: Eventos Extremos e Sociedade sob a Perspectiva das Mudanças Climáticas. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23692>. Acesso em: 22 mar. 2023.
- MARCUZZO, F. F. N. Bacias hidrográficas e regiões hidrográficas do Brasil: cálculo de áreas, diferenças e considerações. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22., 2017b, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABRH, 2017. Disponível em: <http://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/18492>.
- MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. **Análise de frequência de cotas de sistemas de alerta:** Sistema de Alerta Bacia do Rio Caí, Rio Caí, Estação Fluviométrica Barca do Caí, código 8717000 0. Porto Alegre: SGB, 2022a. Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos. Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22930>. 22 mar. 2023.
- MARCUZZO, F. F. N.; PINTO, E. J. de A. **Análise de frequência de cotas de sistemas de alerta:** Sistema de Alerta Bacia do Rio Caí, Rio Caí, Estação Fluviométrica Passo Montenegro, código 872 70000. Porto Alegre: SGB, 2022b. Programa Gestão de Risco e Resposta a Desastres. Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos. Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22931>.
- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Especialização da recomendação de novas estações pluviométricas na sub-bacia 87 segundo os critérios de densidade da Organização Mundial de Meteorologia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 25-29 abr. 2015, João Pessoa. *Anais*[...]. São José dos Campos: INPE, 2015. v. 1. p. 27- 34. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15130>. Acesso em: 25 mai. 2022.

- MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo de Perfis de Estações Fluviométricas: Transcrições de Campo, Ajuste de Escritório e Efeito nos Atributos Hidráulicos. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2014. p. 1-10. Disponível em: <http://rigeo.sgb.gov.br/xmlui/handle/doc/17448>. Acesso em: 28 Jun. 2022.
- MOSINI, S.; DA SILVA SEGABINAZZI, M.; GOULART MEUS, A.; JANNY COTA OLIVEIRA, L. Cotas máximas do rio Uruguai associadas a diferentes períodos de retorno para itaqui-RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 3 mar. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/100691>. Acesso em: 01 jul. 2022.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. de A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: SGB, 2007. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/454>. Acesso: 02 set. 2022.
- NAITZEL, L. T.; GOLDENFUM, J. A.; MARCUZZO, F. F. N. Recuperação de dados históricos da rede de referência e dos sistemas de alerta do rio Caí, Taquari e Uruguai. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 15., 2020, [Brasil]. **Anais[...]**. [Brasil]: ABRH, 2020. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21807>. Acesso em: 13 jun. 2022.
- PEIXOTO, C. A. B.; LAMBERTY, D. **Setorização de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchentes e inundações**: São Sebastião do Cai, Rio Grande do Sul. [Porto Alegre]: SGB, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/20137>. 22 jun. 2022.
- PINTO, E. J. de A. Atlas pluviométrico do Brasil: metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico. Belo Horizonte: SGB, 2013. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/11560>. Acesso em: 03 mai. 2022.
- PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: SGB, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. SIG, v. 2.0 - atualizada a 11/2011; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://www.sgb.gov.br/publicue/Hidrologia/Estudos-Hidrologicos-e-Hidrogeologicos/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-6604.html>.
- SCHRÖDER, J. R. Memórias das cheias em São Sebastião do Caí. **Revista Latinoamericana de História**, São Leopoldo, v. 2, n. 7, p. 403- 420, set. 2013. Disponível em: <http://revistas.unisinus.br/rla/index.php/rla/article/view/354>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- SILVA, E. D. Determinação da cota de inundação severa com base no critério de prejuízos econômicos associados: aplicação ao município de São Sebastião do Caí, RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte. **Anais[...]** Belo Horizonte: ABRH, 2021. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22446>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- SILVA, E. D. **Previsão hidroeconômica de curto prazo com modelo de redes neurais artificiais**: aplicação à bacia do rio Caí. 2019. 131 f. Orientador: Guilherme Fernandes Marques. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21659>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- SILVA, E. D.; MATOS, A. J. S. **Relatório de operação do sistema de alerta hidrológico da bacia do rio Caí 2022**. Porto Alegre: Serviço Geológico do Brasil - SGB, 2022. Programa Gestão de Riscos e de Desastres. Ação levantamentos, estudos, previsão e alerta de eventos hidrológicos crítico. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/23699>. Acesso em: 23 mar. 2022.
- SIMON, F. W.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo do regime hídrico pluvial e fluvial em bacia hidrográfica com precipitação homogênea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., Bento Gonçalves. **Anais[...]**. São Paulo: ABRH, 2013. v.1. p.1-8. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17428>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- TSCHIEDEL, A. da F.; PICKBRENNER, K.; MARCUZZO, F. F. N. Análise hidromorfológica da Sub-Bacia 87. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 11., 2012, João Pessoa. **Anais[...]**. João Pessoa: ABRH, 2012. p. 1- 20. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17426>. Acesso em: 21/06/2022.